



Résultats récents de NA60 en In-In

- Sujets de physique
- Spectromètre NA60
- Résultats expérimentaux:
 - p -A à 400 et 158 GeV (analyses en cours)
 - In-In à 158 GeV:
 - Basses masses: mésons ρ et ϕ
 - Masses intermédiaires
 - Production du J/Ψ
- Conclusions

Rencontres QGP-France-07
Étretat, 17-20 sept. 2007

Comité d'organisation :
A. Baldisseri (CEA, Saclay)
P. Crochet (LPC, Clermont-Fd)
F. Fleuret (LLR, Palaiseau)
J.-Y. Ollitrault (CEA, Saclay)
C. Røy (Subatech, Nantes)
Contact : qgp-fr@in2p3.fr

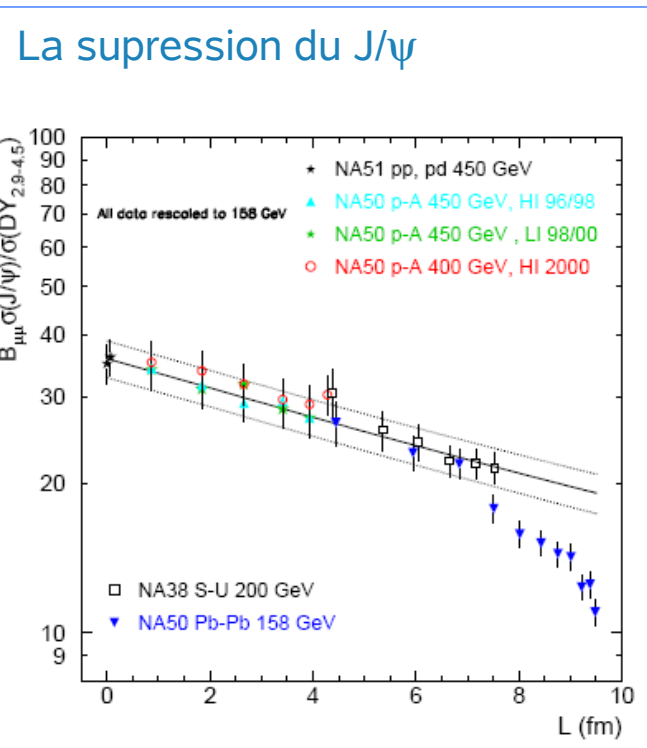
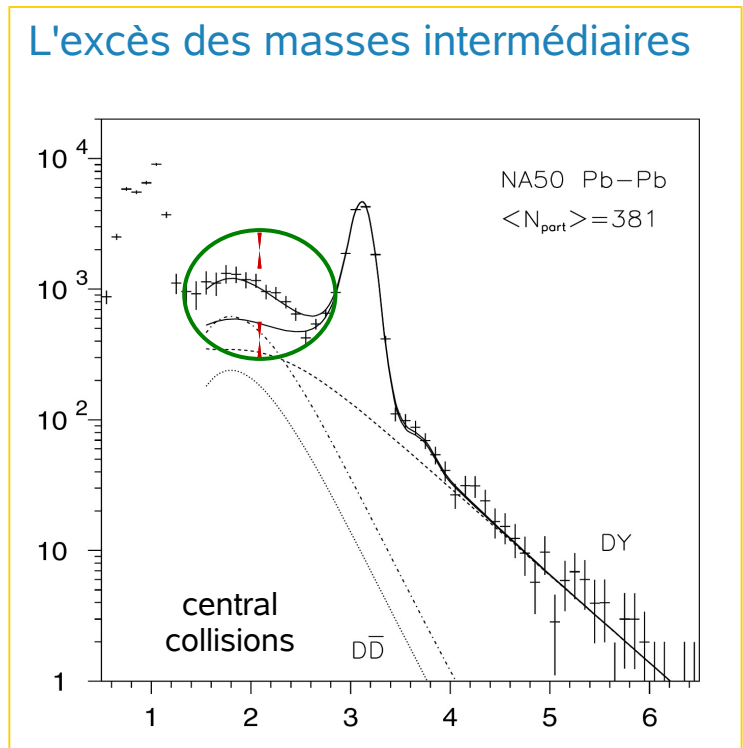
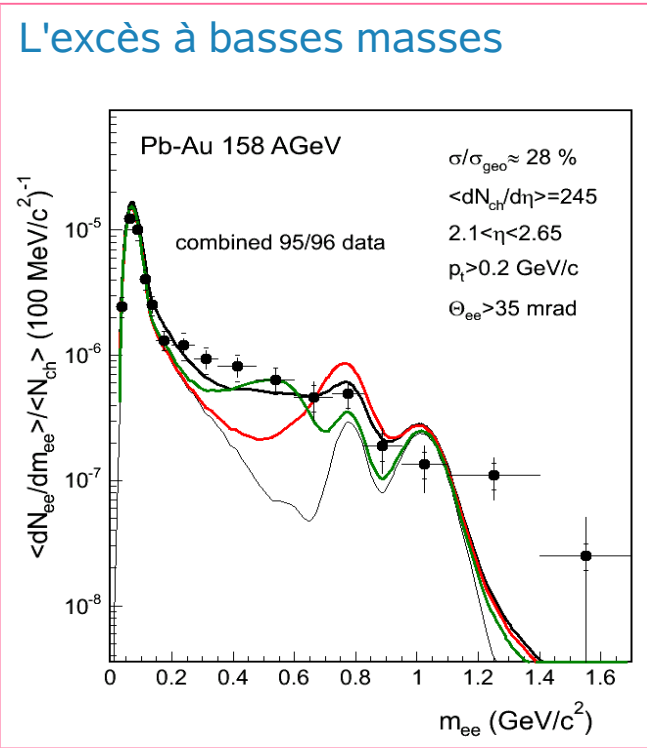
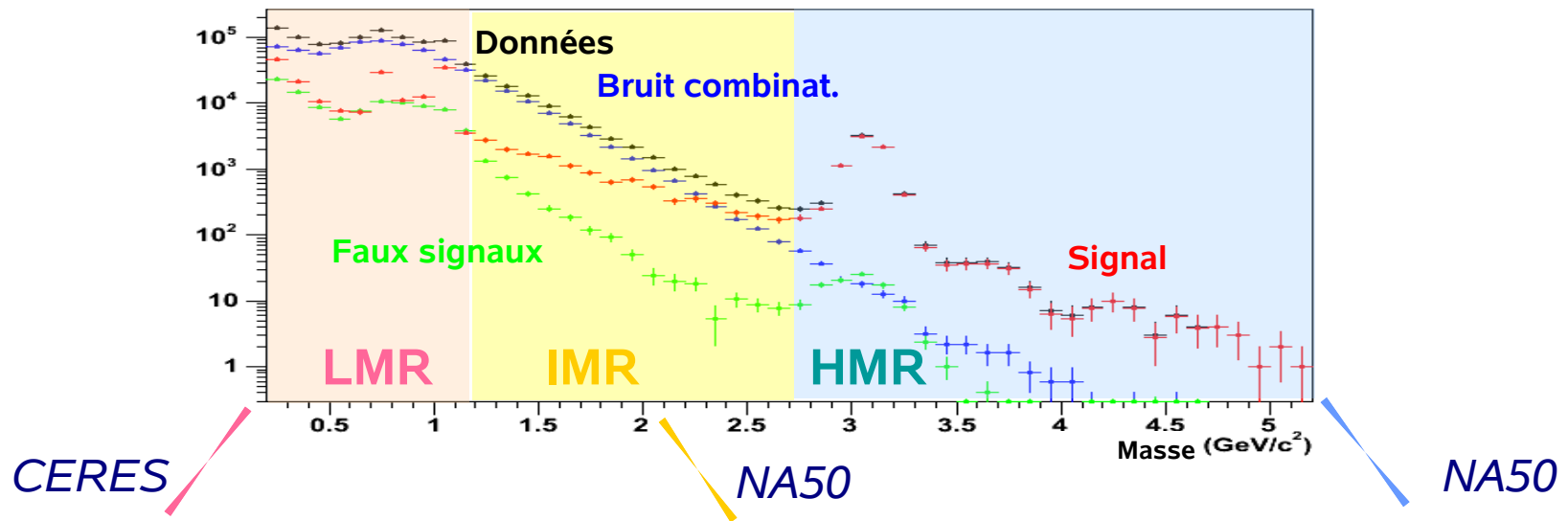
  

*F. Manso, LPC Aubière
pour la collaboration NA60
19 septembre 2007*



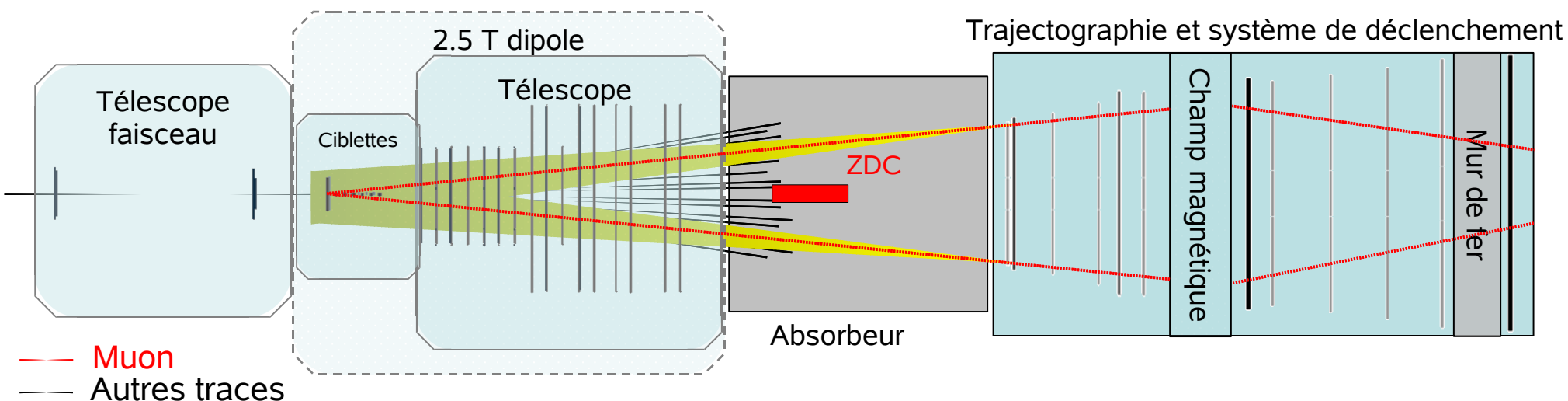
La physique

Objectifs de NA60: 3 questions majeures à clarifier





Le spectromètre



NA50 -> NA60 : reconstruction des traces avant l'absorbeur avec un télescope de plans de pixels (*In-In*, 158 GeV/A) ou pixels/strips (*p-A*, 158 GeV et 400 GeV) dans un champ dipolaire magnétique

Ces modifications permettent:

- une mesure des muons avant la diffusion multiple dans l'absorbeur et une meilleure identification du point cible
- un raccordement des traces entre les trajectoires avant et après l'absorbeur (comparaison angles et impulsions)

Gain sur la résolution en masse :

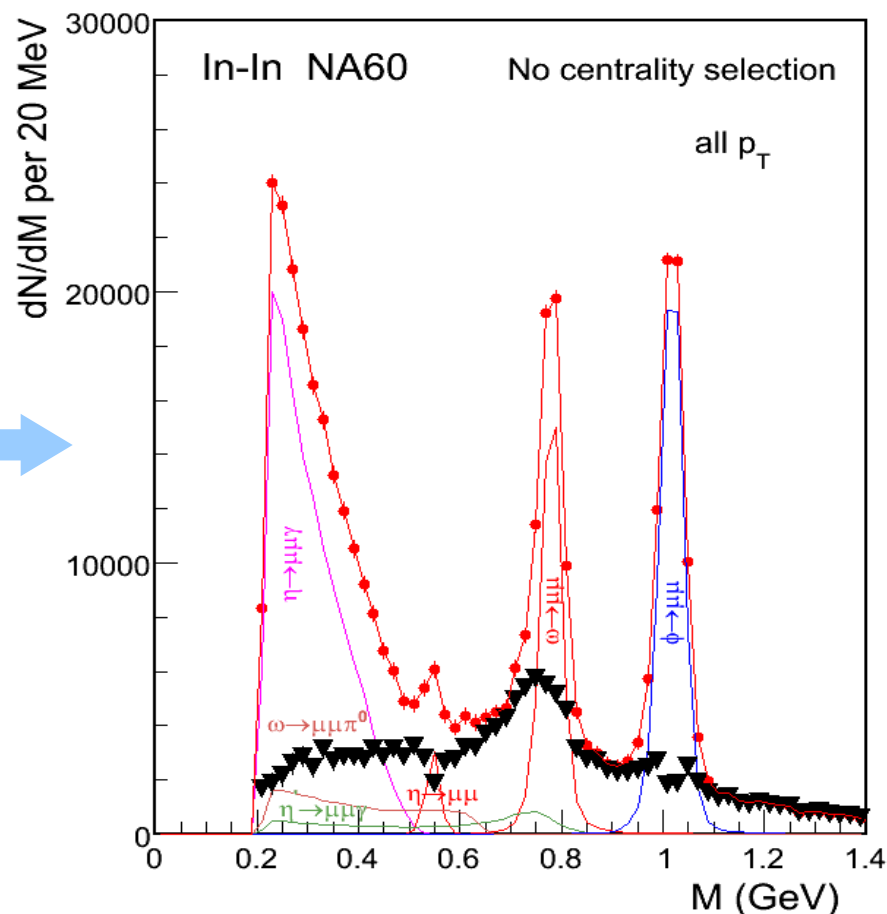
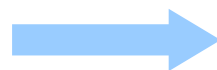
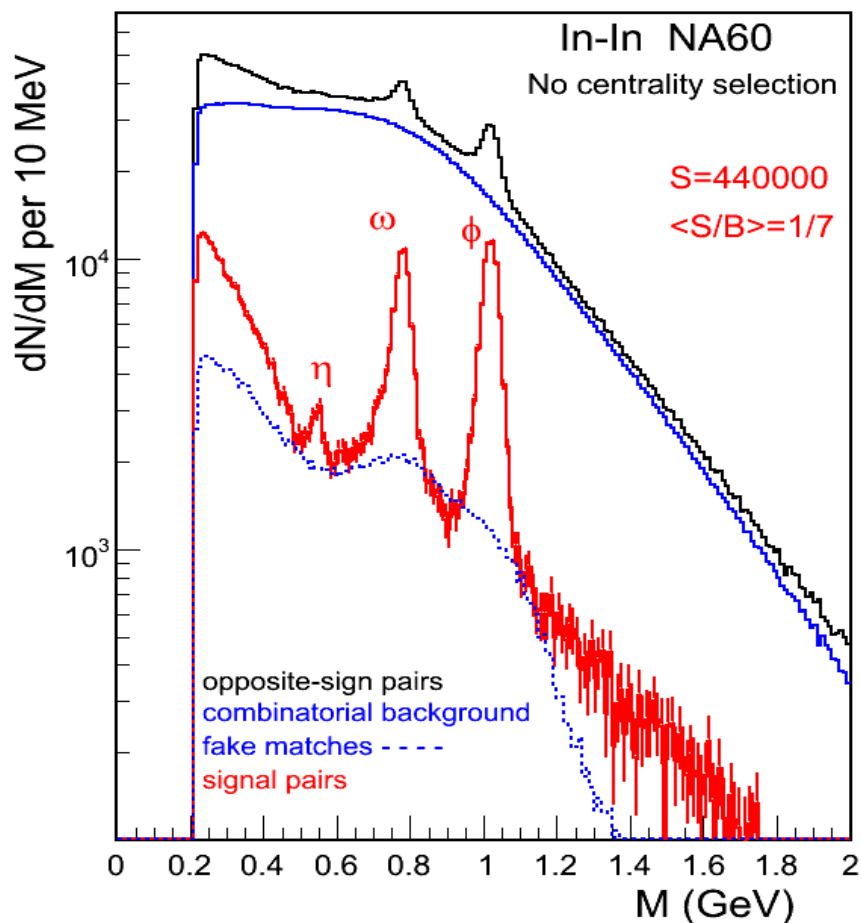
ω : $\sim 20 \text{ MeV}/c^2$ au lieu de $\sim 80 \text{ MeV}/c^2$
 J/Ψ : $\sim 70 \text{ MeV}/c^2$ au lieu de $\sim 105 \text{ MeV}/c^2$

Gain sur le point cible :

Résolution en Z : $\sim 200 \mu\text{m}$
Résolution plan transverse : $\sim 40 \mu\text{m}$



Les basses masses, le ρ



Progrès / CERES:

Statistique: facteur >1000

Résolution: facteur 2-3

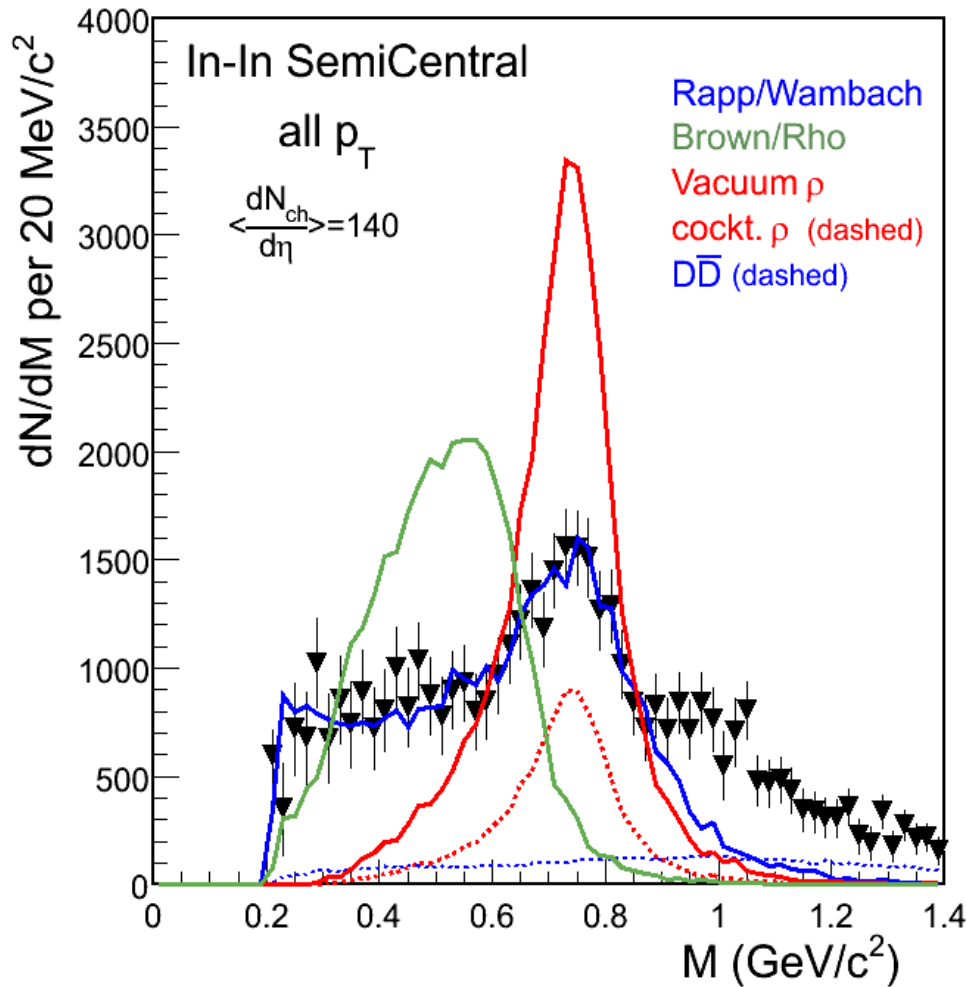
(20 MeV/c² à la masse du ω)

- Collisions périphériques : pas d'excès, bonne description avec un « cocktail » de hadrons (η , η' , ρ , ω , ϕ)
- Collisions centrales : « excès » obtenu après soustraction du cocktail (η , η' , ω , ϕ) sans le ρ et le DD

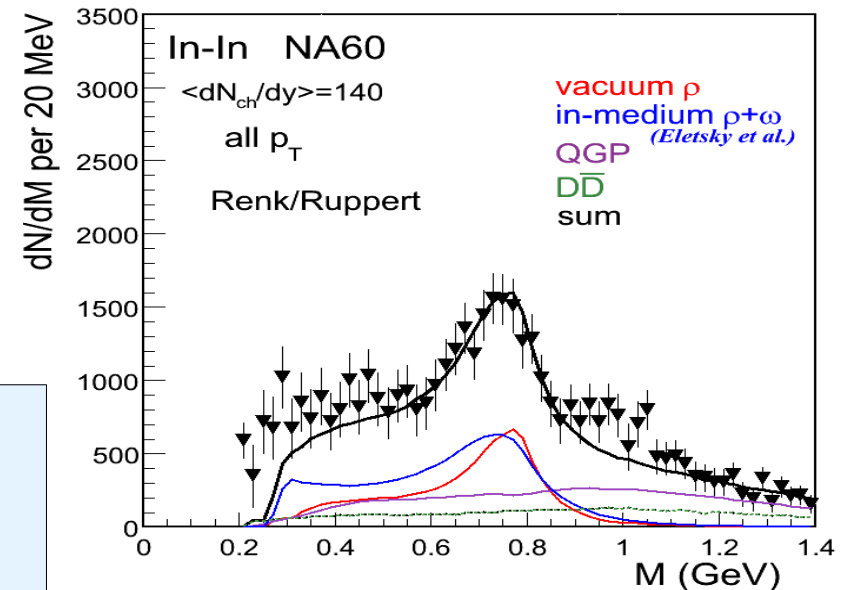
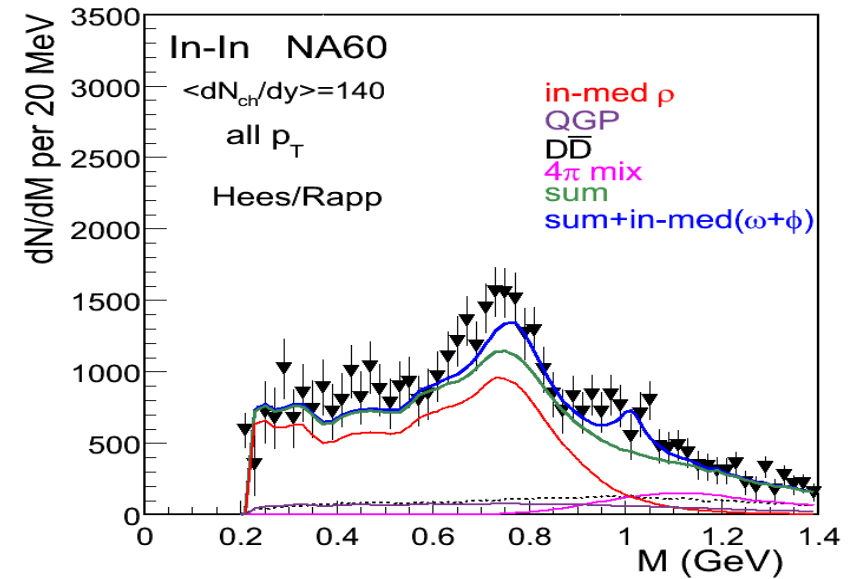
(Phys. Rev. Lett. 96 (2006) 162302)



Les basses masses, le ρ



Quelques modèles plus récents

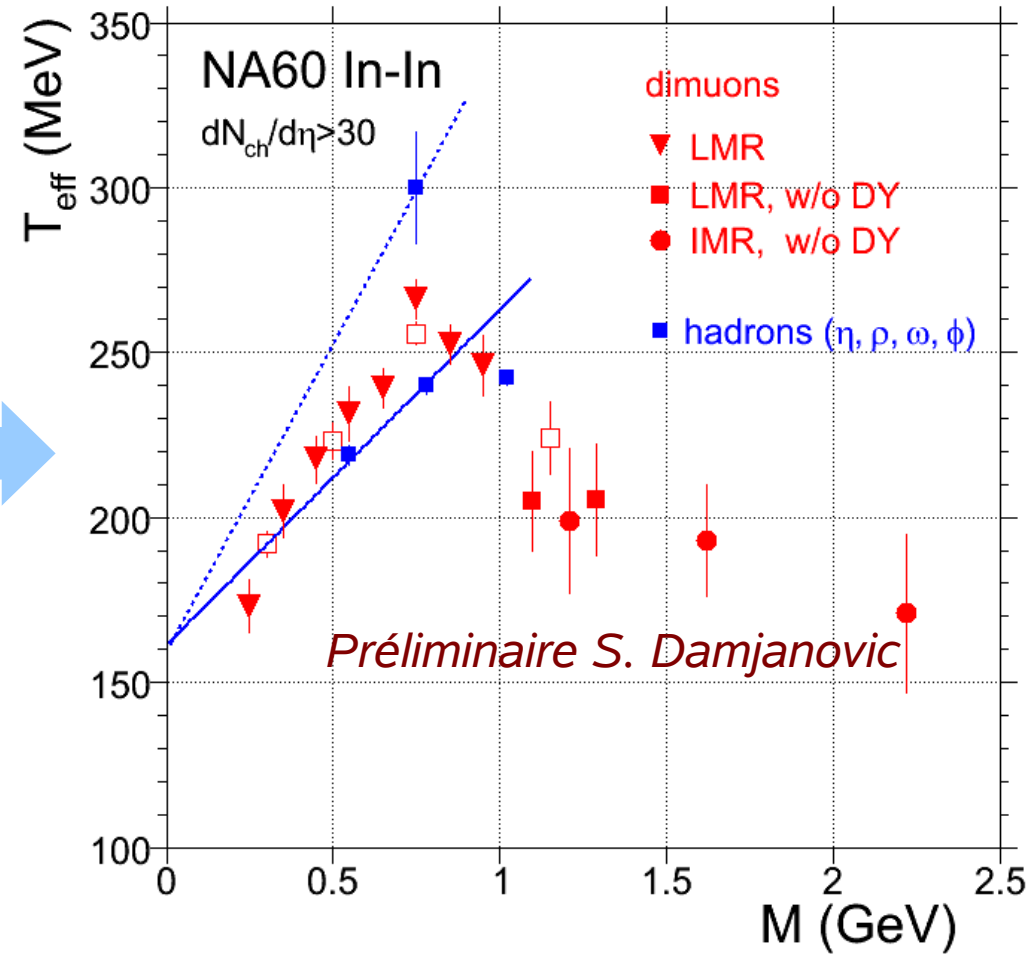
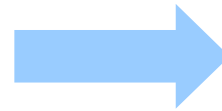
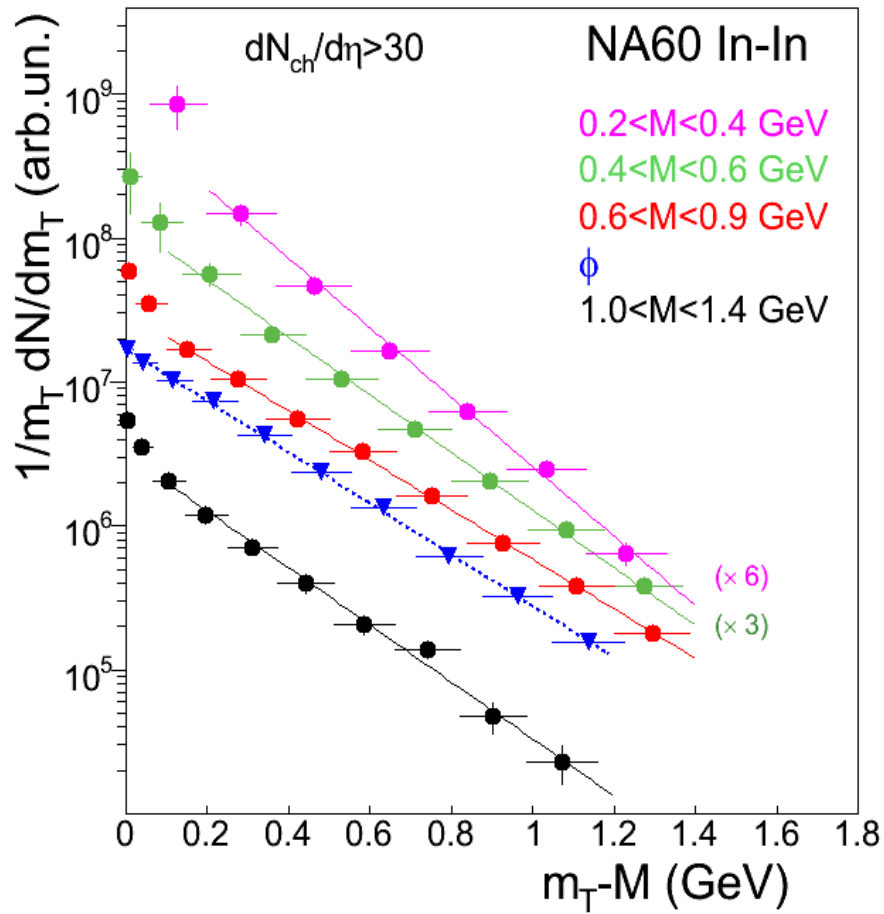


- Pas ou peu de décalage en masse mais plutôt un élargissement de la fonction spectrale du ρ
- Reproduction qualitative des données par les modèles les plus récents
- D'autres paramètres P_t, \dots sont nécessaires pour contraindre les modèles



Les basses masses

Les masses transverses:



Ajustement du spectre de m_T pour $p_T > 0.4$ GeV :

$$\frac{1}{m_T} \frac{dN}{dm_T} \approx \exp\left(-\frac{m_T}{T_{eff}}\right)$$

Forte augmentation de T_{eff} versus la masse du dimuon, suivie d'une rapide diminution pour $M > 1$ GeV

$M < 1$ GeV : source hadronique de l'excès ($\pi\pi \rightarrow \rho \rightarrow \mu\mu$)?

$M > 1$ GeV : origine partonique de l'excès ($qq \rightarrow \mu\mu$)?

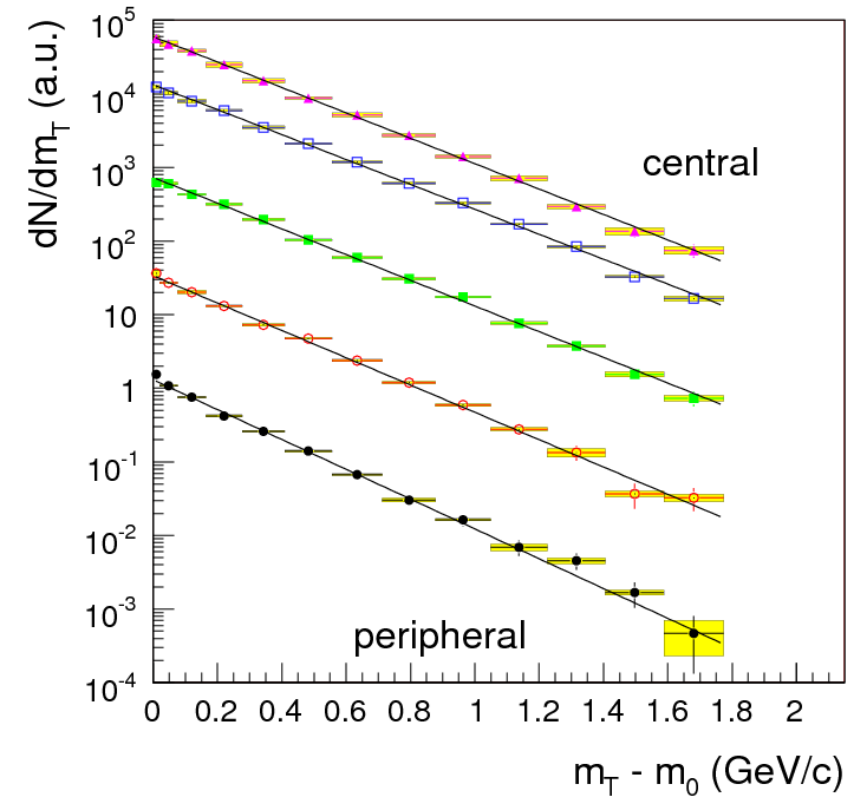


Les basses masses, le ϕ

- Etude de la production du ϕ dans les collisions d'ions lourds (augmentation de l'étrangeté via $s\bar{s}$)
- Mesures du ϕ au SPS:
 - *NA49*: étude dans le canal $\phi \rightarrow KK$
 - bonne résolution en masse
 - acceptation aux petits et moyens $P_t < 1.5$ GeV
 - *NA50*: étude dans le canal $\phi \rightarrow \mu\mu$
 - muons insensibles aux effets de milieu
 - acceptation aux grands $P_t > 1.1$ GeV
- Les valeurs de la température T sont différentes entre *NA49* et *NA50*
- Le ϕ et *NA60*:
 - Mesures dans la voie $\mu\mu$ jusqu'aux P_t proches de 0 ($0 < P_t < 2.6$ GeV)



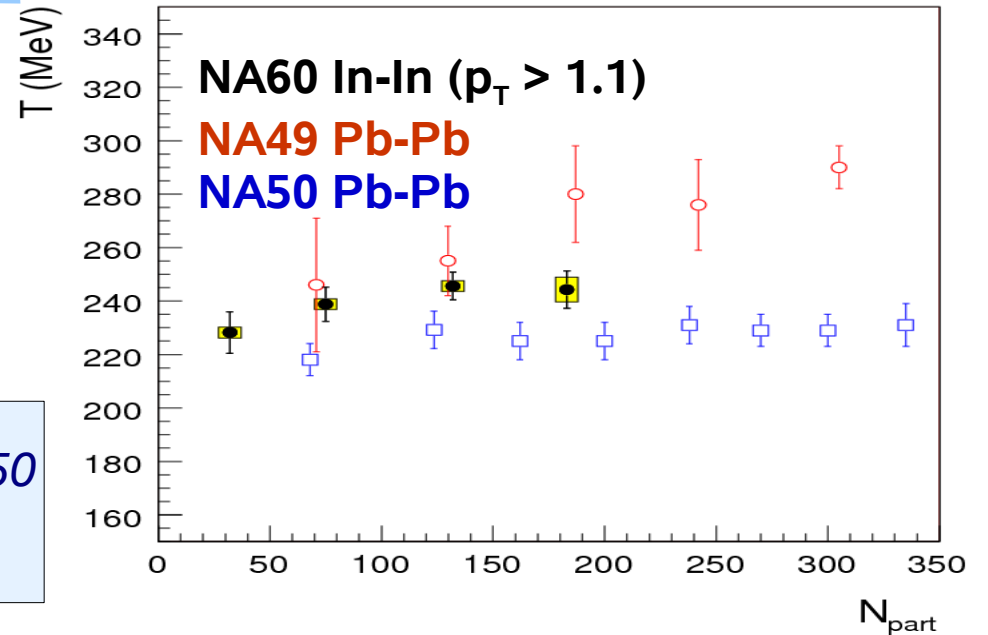
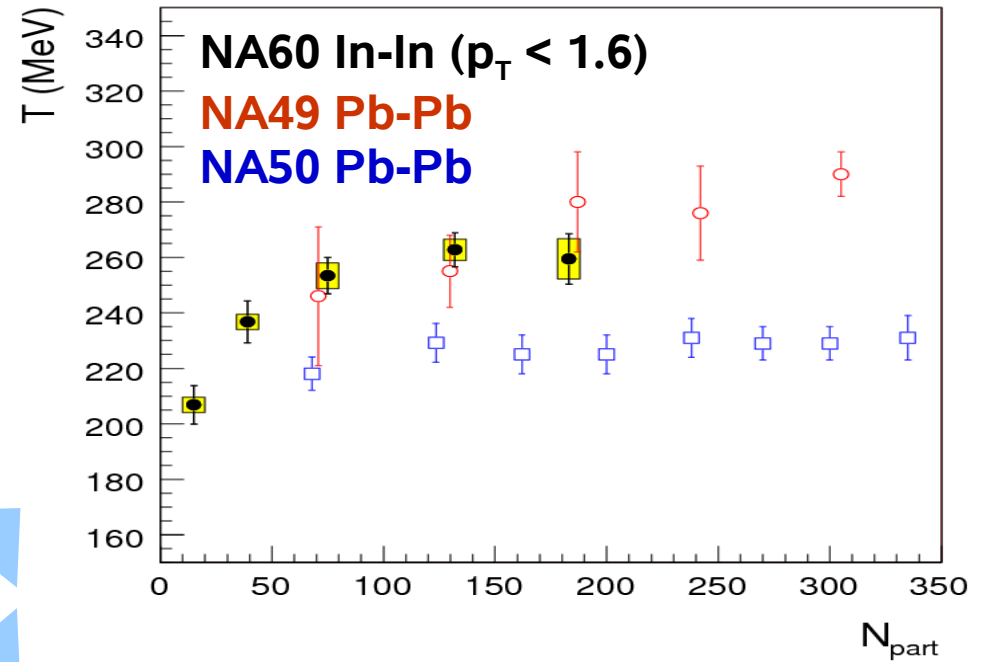
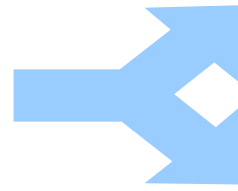
Les basses masses, le ϕ



Ajustement avec la fonction:

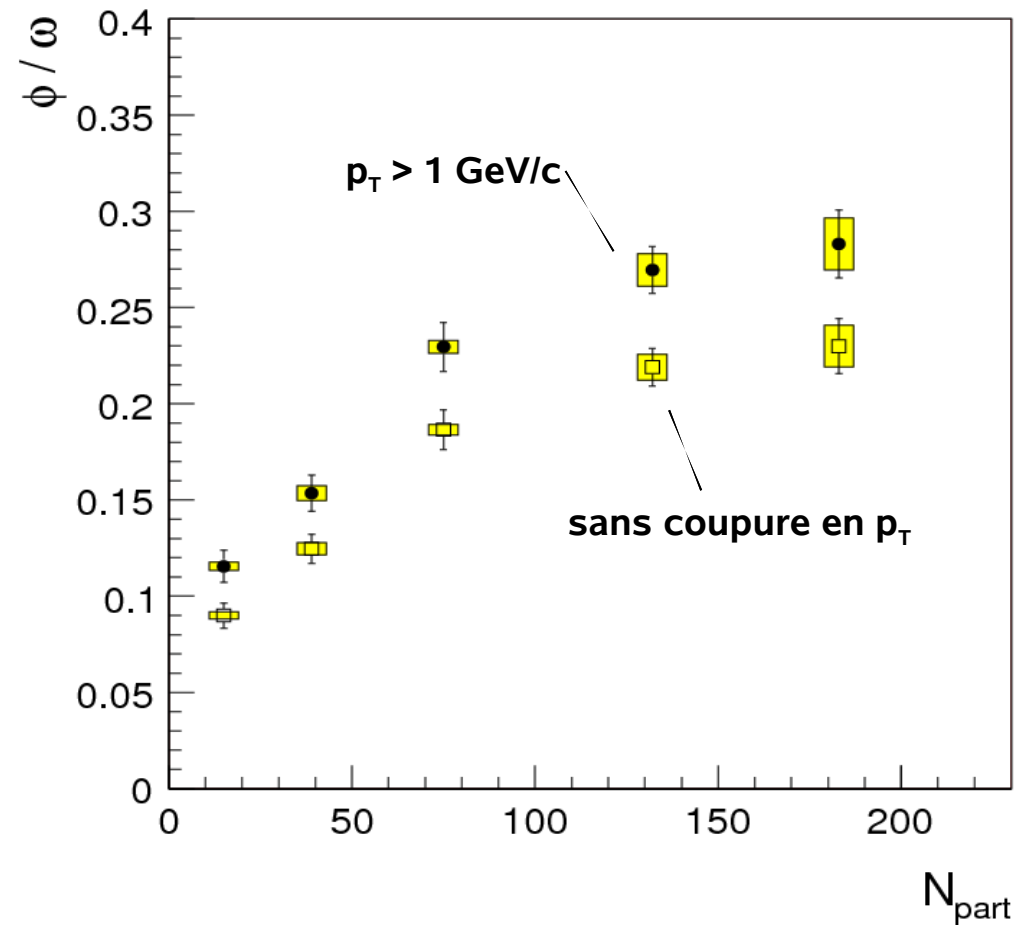
$$\frac{1}{m_T} \frac{dN}{dm_T} = k \cdot e^{-m_T/T}$$

- Accord à bas P_t avec NA49 mais pas avec NA50
- Température sensible au domaine en P_t





Le rapport ϕ/ω



La production du ϕ augmente entre les collisions périphériques et centrales par un facteur ~ 3

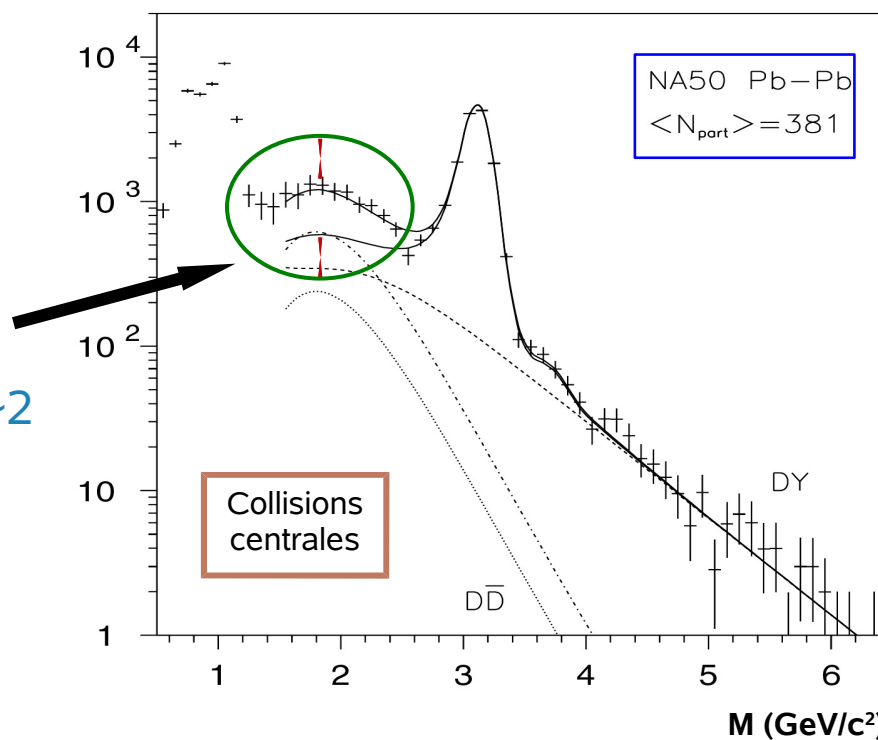


Les masses intermédiaires

Résultats de NA38/NA50:

- Collisions p -A (Al, Cu, Ag, W): les contributions du Drell-Yan et du Charme ouvert décrivent la région des masses intermédiaires
- Collisions d'ions lourds (S-U, Pb-Pb): dans le domaine de masse 1.1 - $2.5 \text{ GeV}/c^2$, il existe un excès d'origine non identifiable (directs ou décalés) dans les collisions centrales.

Bon fit avec augmentation du charme par un facteur ~ 2

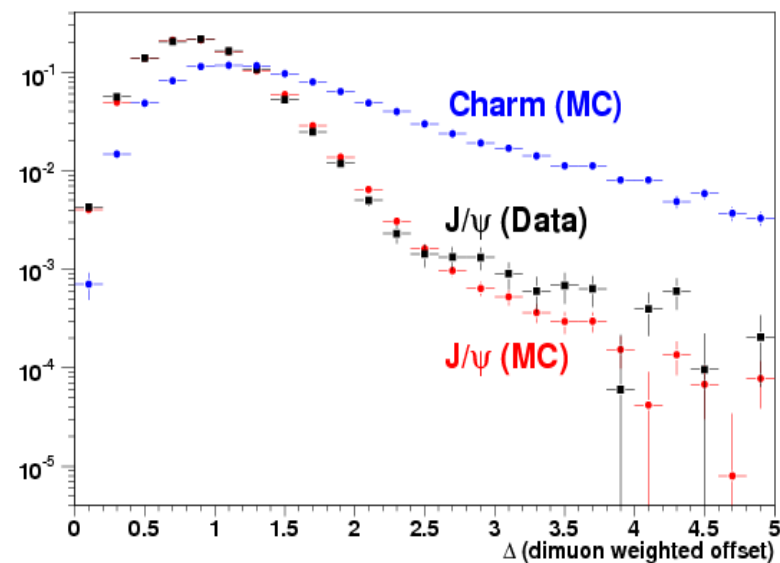
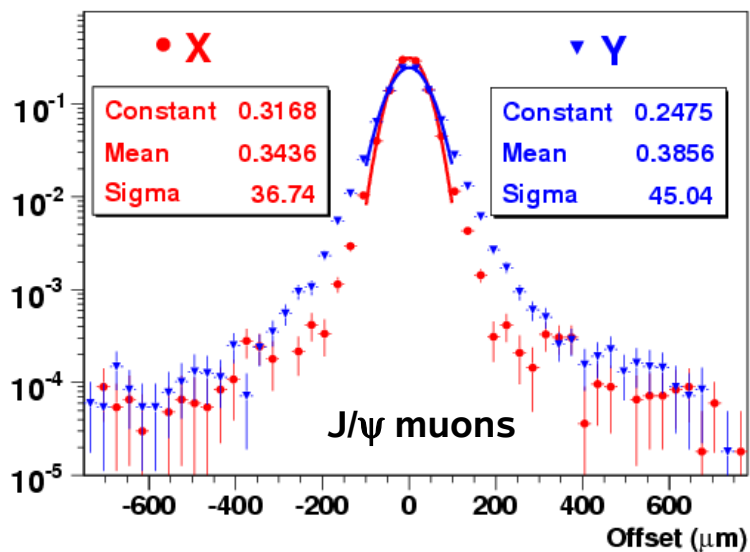


NA60: Présence d'un excès dans les *IMR* pour les collisions centrales *In-In*



Les masses intermédiaires

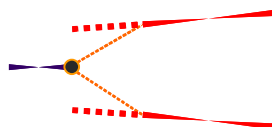
NA60 sépare les muons prompts de ceux du charme ouvert en mesurant la distance radiale (“offset”) entre les points de production et celui de la collision



Directs



Charme ouvert



Résolution dans le plan transverse:

$$\sigma_{\text{vertex}} + \sigma_{\text{offset}} = 40 \mu\text{m} < c\tau \text{ (123 } \mu\text{m for } D^0, 312 \mu\text{m } D^+)$$

Méthode: offset Δ_{μ} pondéré par la matrice des erreurs de l'ajustement des traces

$$\Delta_{\mu\mu} = \sqrt{(\Delta_{\mu 1}^2 + \Delta_{\mu 2}^2)/2}$$

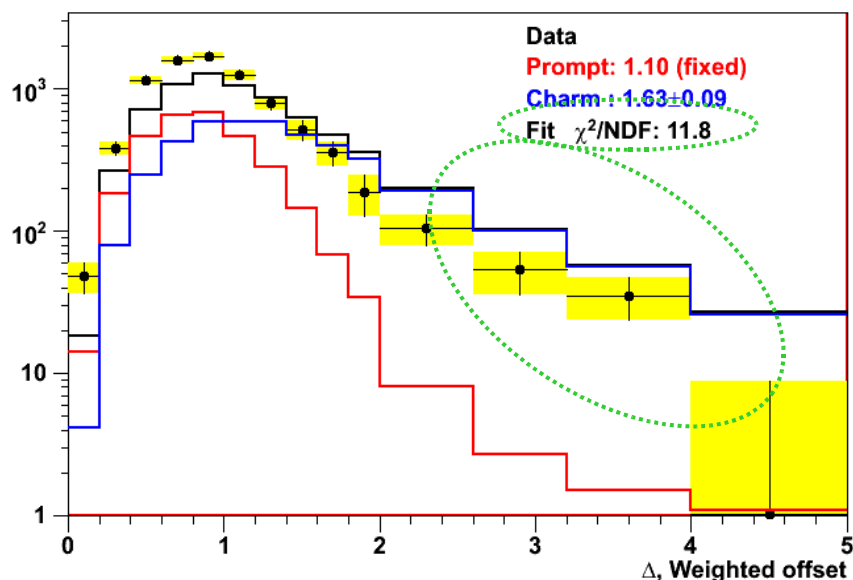


Les masses intermédiaires

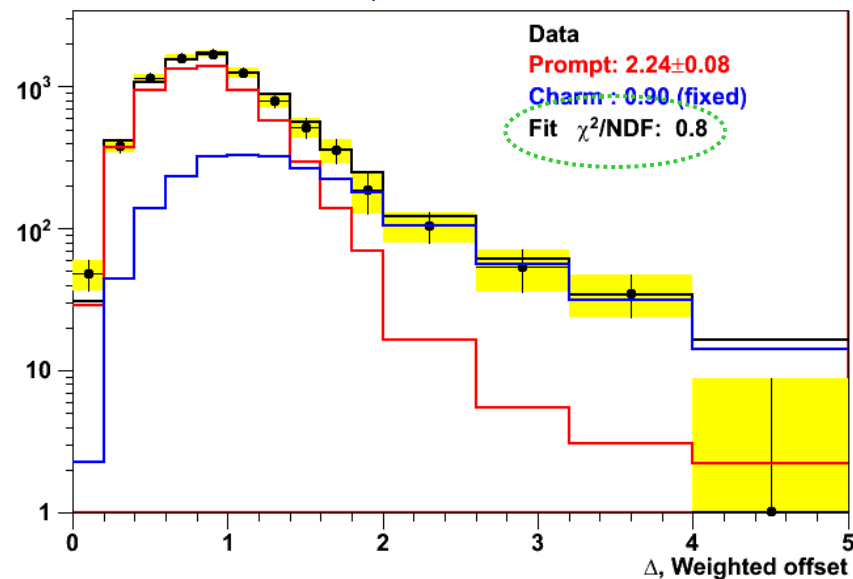
Reproduction de la distribution des offsets expérimentaux en faisant varier les contributions du charme et des muons directs :

- L'augmentation du charme seul ne reproduit pas les données
- Seul un excès des muons directs est compatible pour décrire les IMR

Directs fixés, charme libre: mauvais fit



Directs libres, charme fixé: bon fit

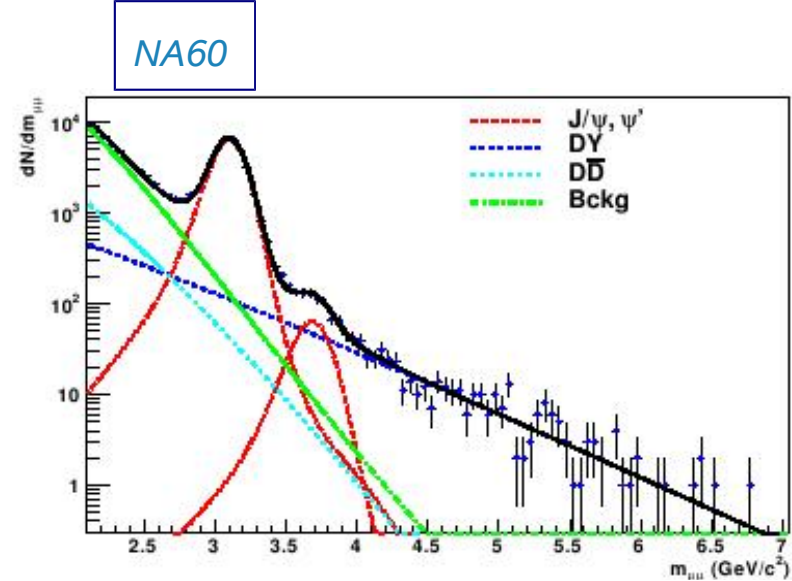
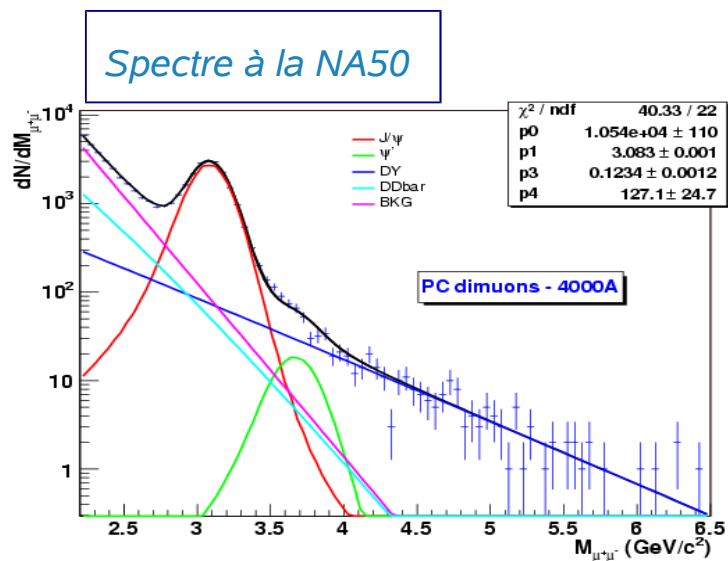


Résumé:

- La production de dimuons directs est ~ 2.5 supérieur au Drell-Yan dans les collisions centrales *In-In* pour des masses $1.16 < M < 2.56 \text{ GeV}/c^2$.
- La production de charme est compatible avec les mesures de NA50 en collisions *p-A* à 450 GeV/c
- L'excès/Drell-Yan augmente avec N_{part} .
- La température de l'excès $T_{\text{eff}} \sim 190 \text{ MeV} \ll T_{\text{eff}}^p$.
- L'excès est principalement à bas P_T (facteur 3.5 pour $P_T < 0.5 \text{ GeV}/c$).



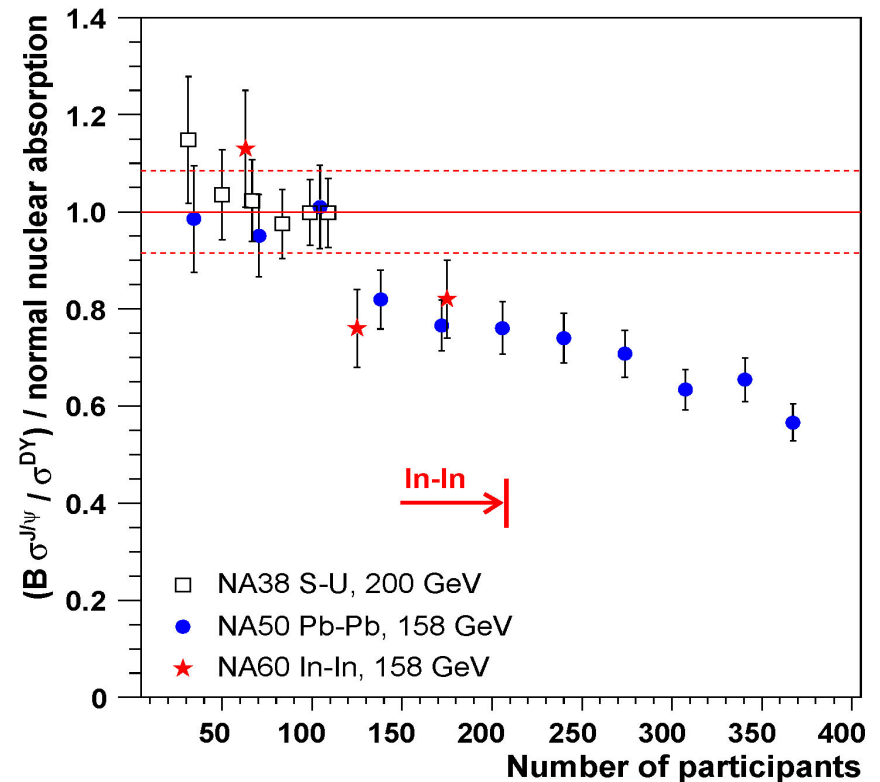
Le J/Ψ (rapport $J/\Psi/DY$)



Calcul du rapport J/Ψ normalisé au Drell-Yan:

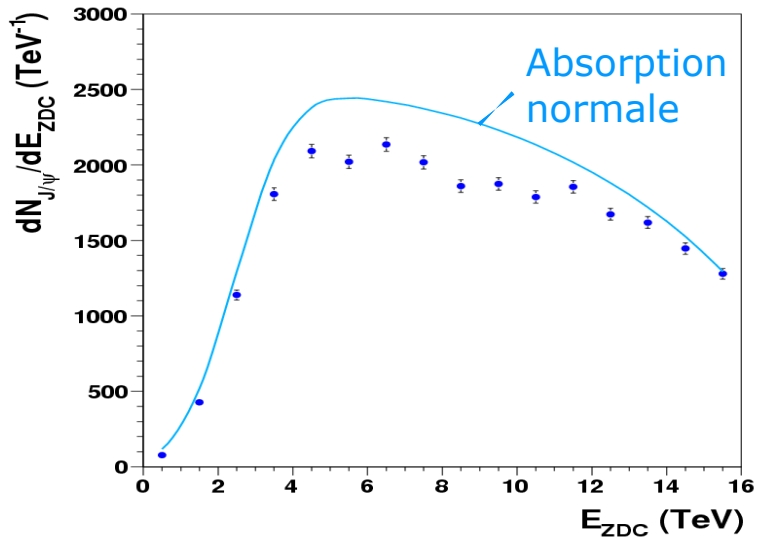
- seulement trois tranches en centralité mesurée avec le ZDC
- absorption normale calculée avec Glauber ($\sigma_{\text{abs}}^{J/\Psi} = 4.18 \pm 0.35 \text{ mb}$ calculée par NA50 en p-A)

- Suppression anormale du J/Ψ dans les collisions *In-In*
- En accord avec les données *Pb-Pb* NA50





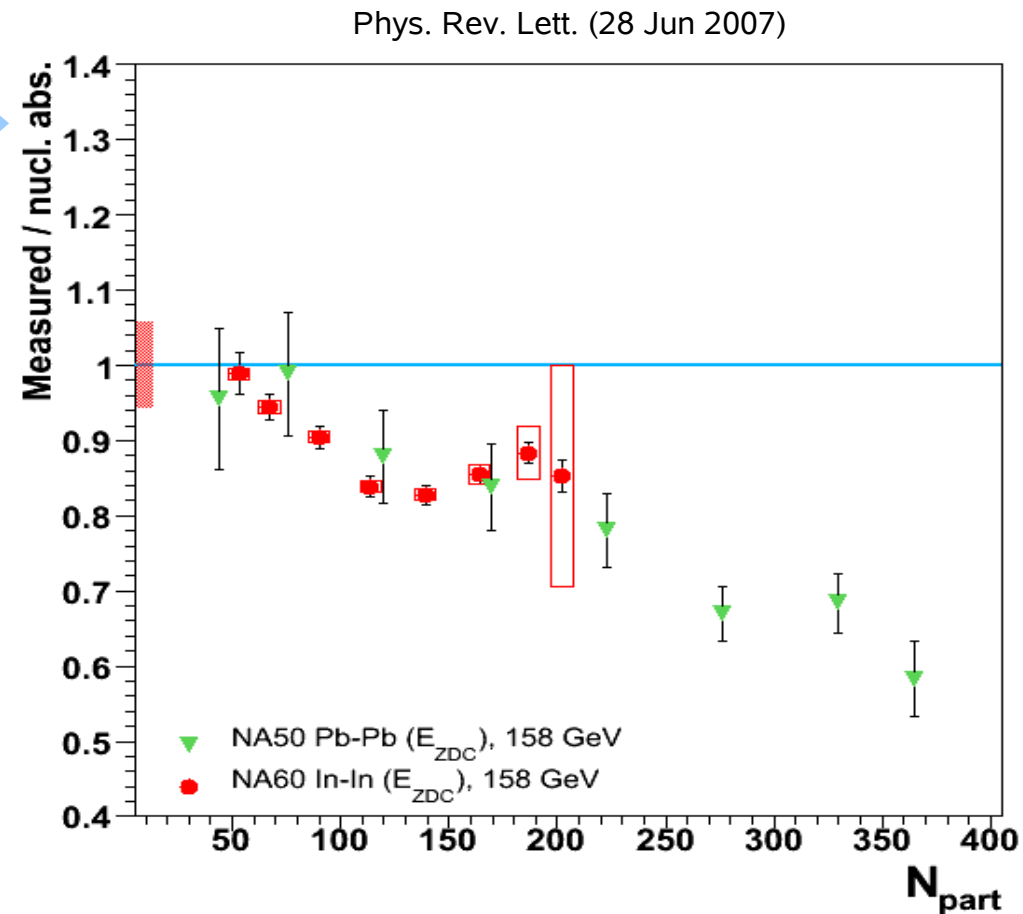
Le J/Ψ (mesuré/attendu)



Calcul du nombre de J/Ψ attendu après l'absorption normale dans le cadre du modèle de Glauber et comparaison par rapport au nombre de J/Ψ mesuré

- Suppression anormale du J/Ψ dans les collisions *In-In* (avec saturation) et *Pb-Pb*
- Bon accord avec les données *Pb-Pb* NA50

Les sections efficaces d'absorption nucléaire déterminées par NA38-50 en p-A à 400 et 450 GeV --> déduction des courbes d'absorption normale





Conclusions

- Basses masses

Première mesure de la fonction spectrale du ρ dans les collisions ion-ion: pas de décalage en masse mais élargissement du spectre. Nécessité d'études complémentaires.

- Masses intermédiaires

Clarification de l'excès, ce sont des dimuons directs (thermiques?).

- Suppression J/ψ

- Il y a une suppression « anormale » du J/ψ dans les collisions $In-In$ à 158 GeV similaire à celle en $Pb-Pb$.
- La suppression est fonction de la centralité et débute à un nombre de participants tel que $50 < N_{part} < 100$.

- Analyses en cours

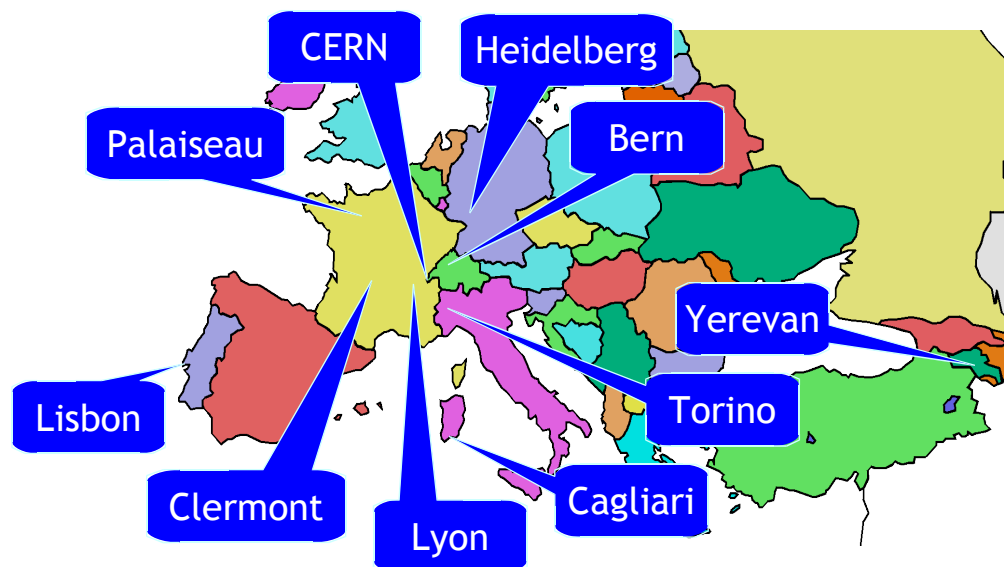
Analyse des données $p-A(Be, Al, Cu, In, W, Pb)$ à 158 GeV et 400 GeV



La collaboration NA60

~ 60 physiciens
13 instituts
8 pays

Stony Brook
+
BNL
+
Riken

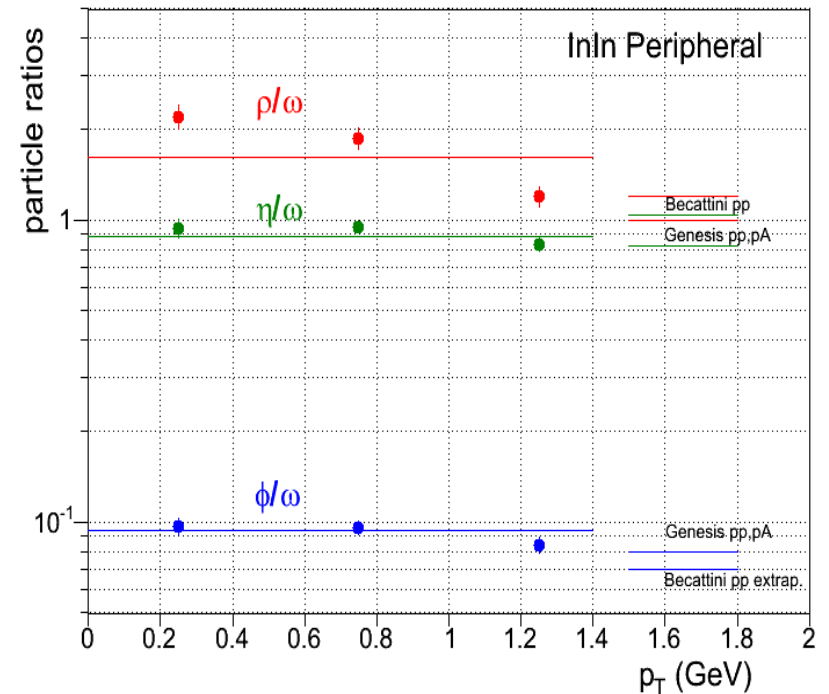
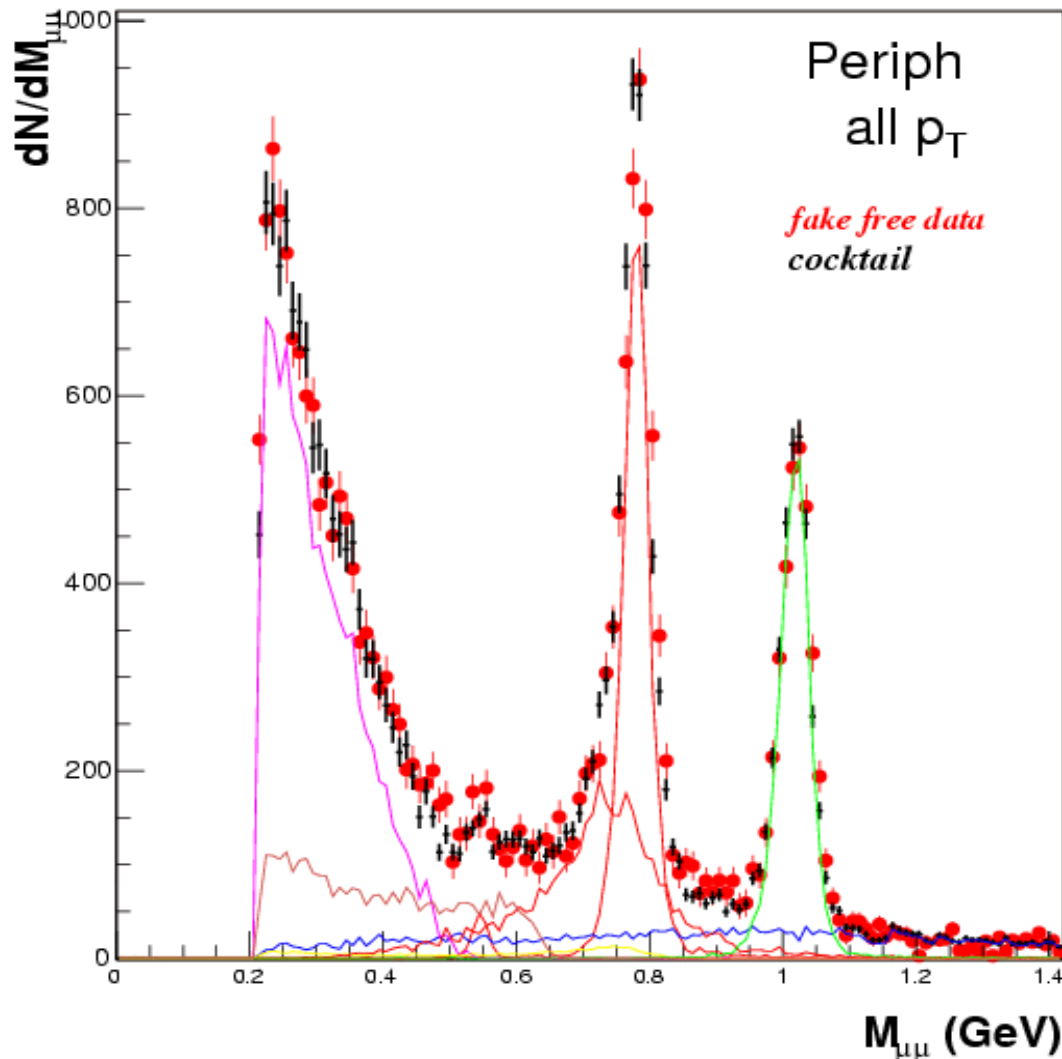


R. Arnaldi, R. Averbeck, K. Banicz, K. Borer, J. Buytaert, J. Castor, B. Chaurand, W. Chen, B. Cheynis, C. Cicalò, A. Colla, P. Cortese, S. Damjanovic, A. David, A. de Falco, N. de Marco, A. Devaux, A. Drees, L. Ducroux, H. En'yo, A. Ferretti, M. Floris, P. Force, A. Grigorian, J.Y. Grossiord, N. Guettet, A. Guichard, H. Gulkanian, J. Heuser, M. Keil, L. Kluberg, Z. Li, C. Lourenço, J. Lozano, F. Manso, P. Martins, A. Masoni, A. Neves, H. Ohnishi, C. Oppedisano, P. Parracho, G. Puddu, E. Radermacher, P. Ramalhete, P. Rosinsky, E. Scomparin, J. Seixas, S. Serici, R. Shahoyan, P. Sonderegger, H.J. Specht, R. Tieulent, G. Usai, H. Vardanyan, R. Veenhof, D. Walker and H. Wöhri



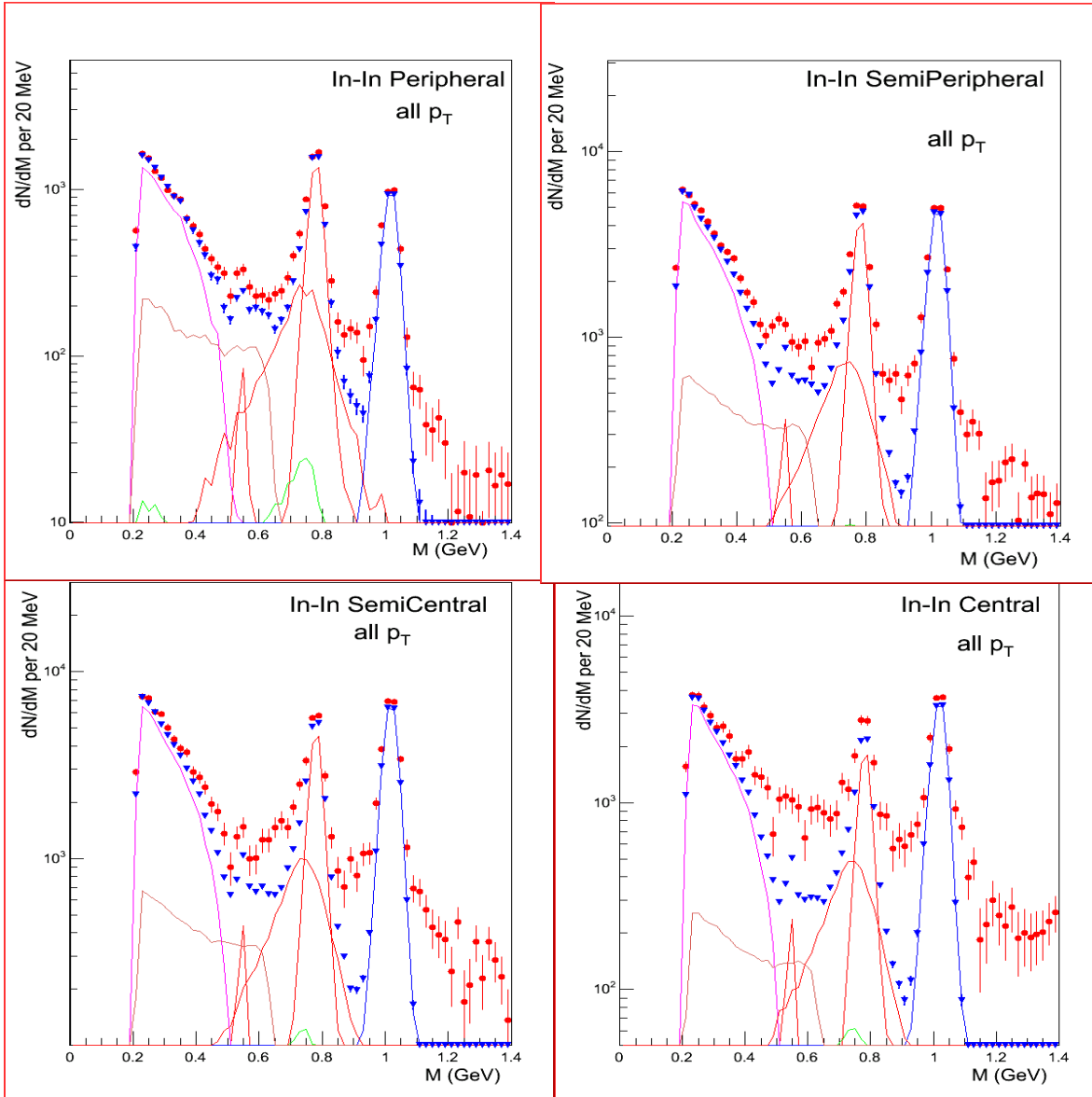
Transparents complémentaires

Comparaison du cocktail de hadrons aux données In-In (LMR) en périphérique



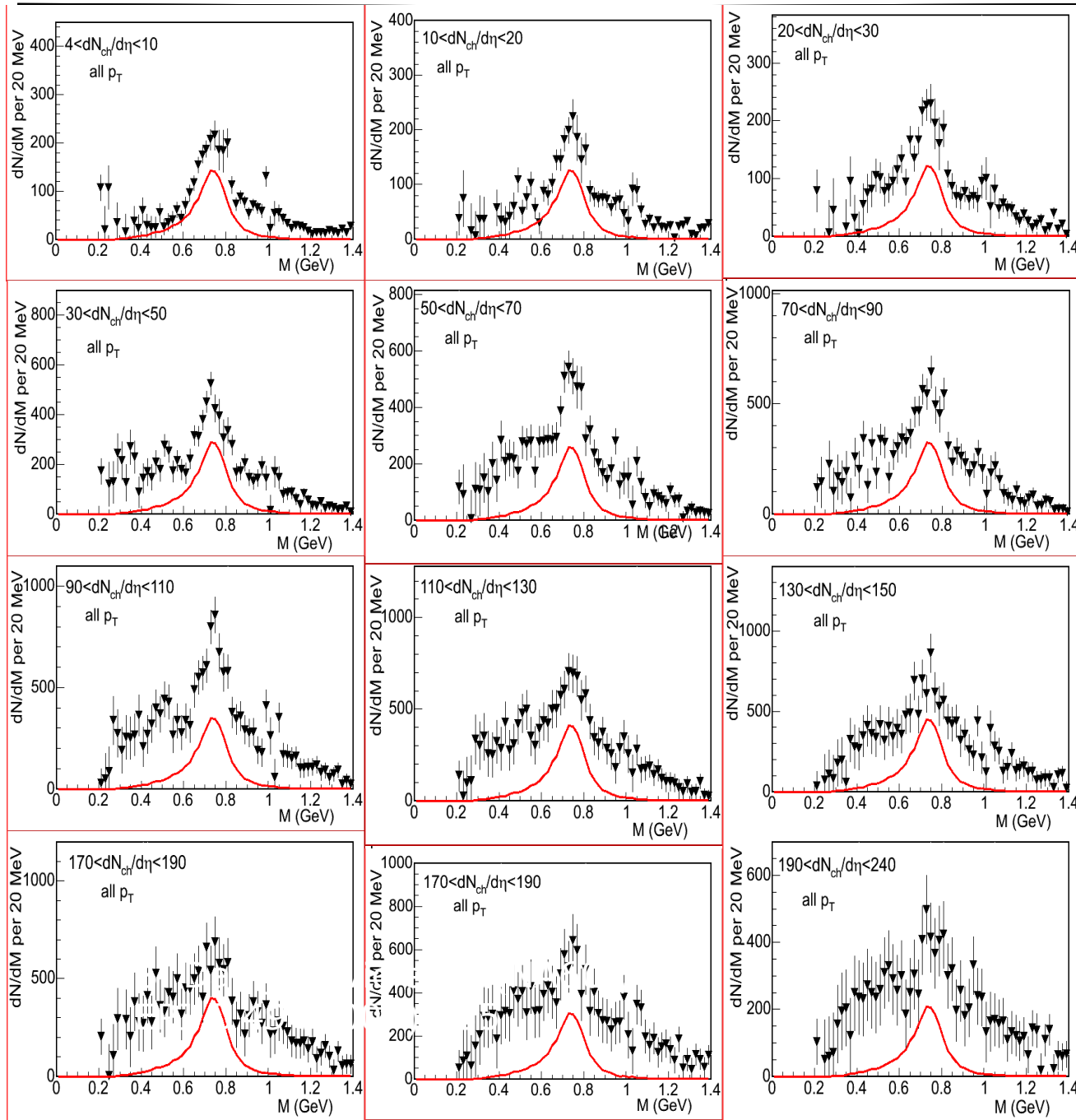
- > Ajustement du cocktail de hadrons + DD aux données avec 5 paramètres η/ω , ρ/ω , ϕ/ω , DD et normalisation
- > Parfaite description des données
- > Rapport des particules déduites du fit

Comparaison des données par rapport au « cocktail »

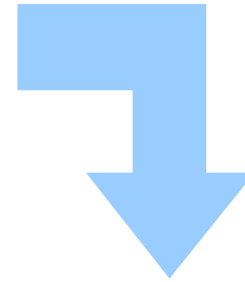


Rapport $\rho/\omega=1.2$
--> il apparaît un excès
augmentant avec la centralité

Spectre en masse de l'excès en fonction de la centralité



Tous les P_t et pas de soustraction du cocktail ρ et des DD



Excès centré sur le pic du ρ augmentant avec la centralité

Eur.Phys.J.C 49 (2007) 235

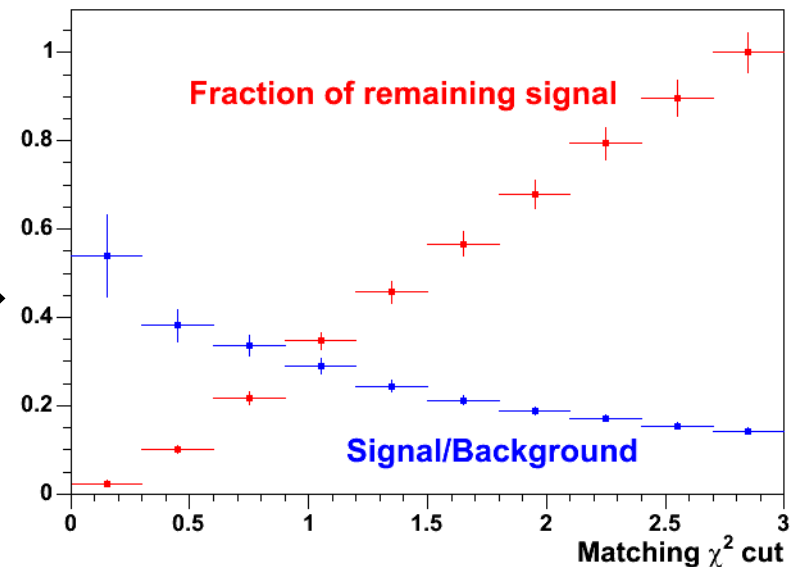
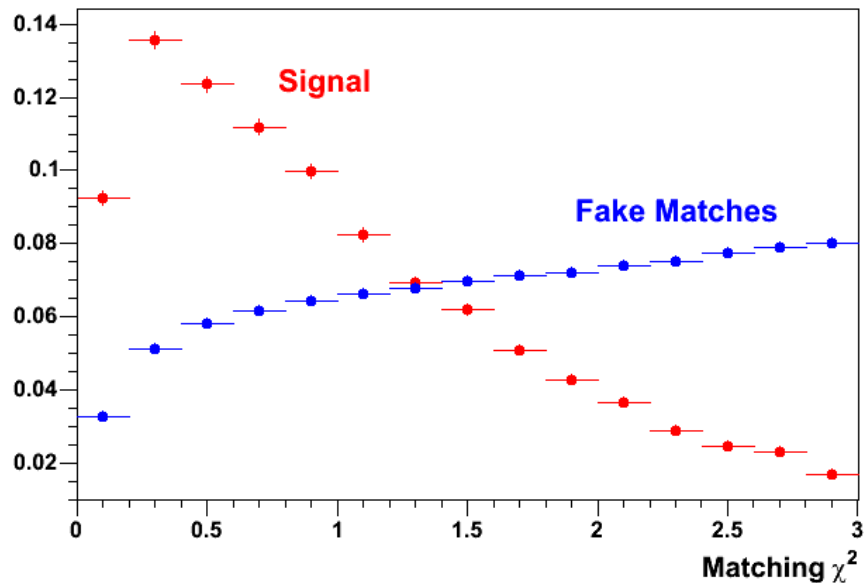
Le « matching » des muons

Les muons reconstruits par le spectromètre à muons (NA50) sont reliés avec la partie avant avec une comparaison des angles et des impulsions.

En cas d'identification, les traces sont recalculées ce qui permet d'améliorer le calcul de la cinématique

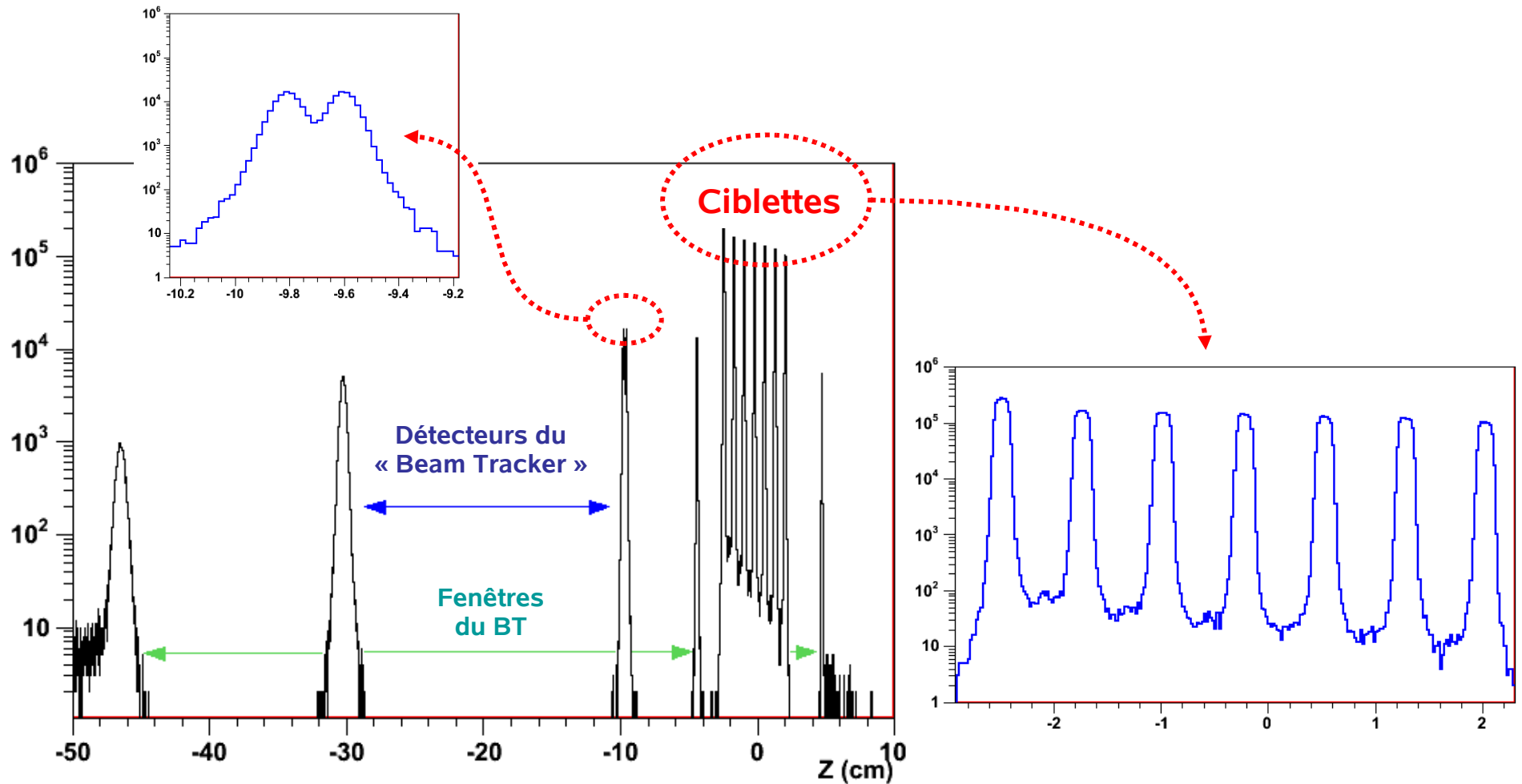
La plupart des muons venant des désintégrations de π et K sont rejetés lors des précédentes étapes.

On définit une mauvaise association lorsqu'un muon est relié à une trace qui n'est pas la sienne (ou sa bonne trace mais reconstruite avec trop de mauvais clusters). Ceci constitue une source additionnelle de bruit de fond.



Les variations de la coupure en χ^2 permettent d'étudier les variations du signal rapport/bruit et les erreurs systématiques liées à la soustraction du bruit de fond

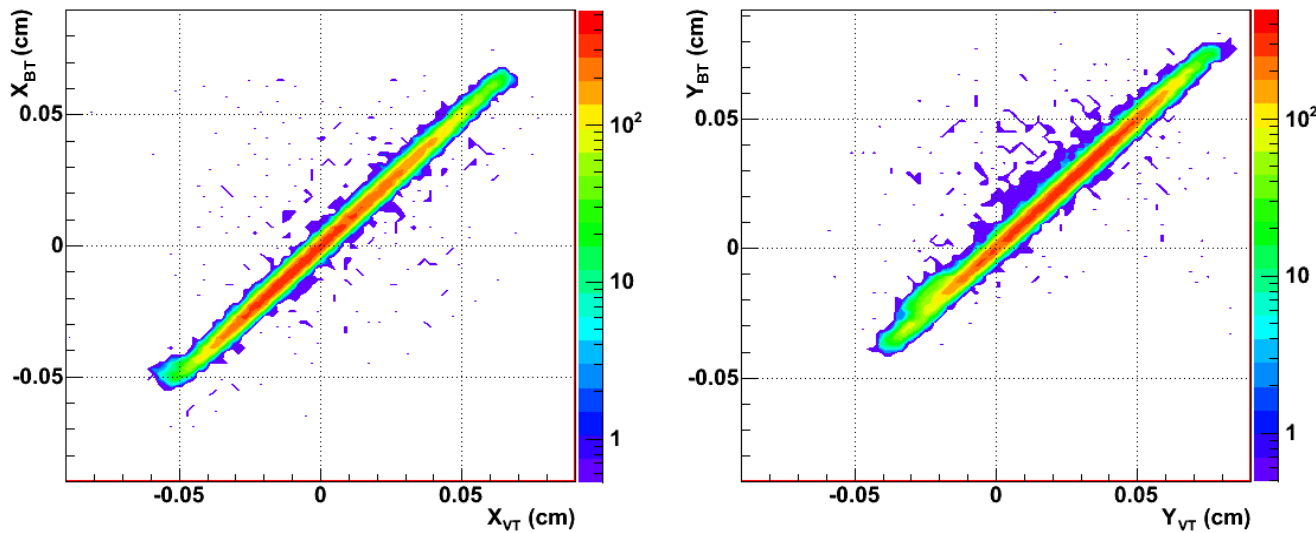
Résolution du vertex en Z (In-In)



Le vertex du point cible est identifié avec une résolution meilleure que $200 \mu\text{m}$ selon l'axe Z du faisceau

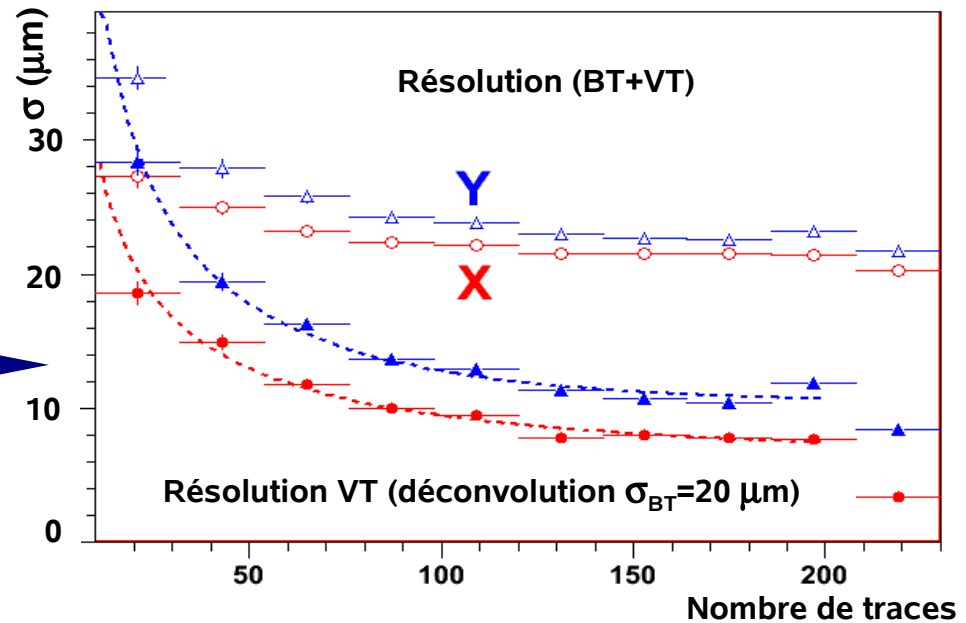
Résolution du vertex dans le plan transverse

Mesures du BT en fonction du VT



Les mesures du BT
($\sigma = 20 \mu\text{m}$ sur la cible) améliore la résolution du vertex

Le vertex de la collision est mesuré avec une résolution égale à 10–20 μm dans le plan transverse



Soustraction du bruit de fond (1/4)

Le spectre dimuon mesuré se compose:

➤ **signal bien associé:** les muons des signaux reconstruits par le spectromètre sont associés avec leurs traces dans le télescope.

➤ **signal mal associé :** au moins un des muons est associé à une mauvaise trace

➤ **paires combinatoires bien associées:** muons venant des désintégrations π, K sont associés avec leurs traces dans la partie avant

➤ **paires combinatoires mal associées:** association entre un muon venant des π ou K et une mauvaise trace

Chacun de ces bruit est soustrait par la technique d'**Event Mixing** en fonction de la centralité, pour chaque cible et polarité du champ magnétique

Soustraction du bruit de fond (2/4)

Bruit de fond combinatoire (désintégrations π and K non corrélées) :

Soustrait en construisant une distribution de paires $\mu\mu$ à partir de différents événements de paires de même signe (prise en compte de l'impact du trigger). La normalisation s'effectue par rapport aux données de même signe.

Après soustraction des données, il reste les vrais signaux et les fausses associations dans le spectre dimuon.

Bruit des fausses associations :

Ce bruit est soustrait en associant les traces avant et arrière pour des muons de différents événements. Une pondération spécifique est appliquée dans le cas des associations mixtes (une bonne et une mauvaise association).

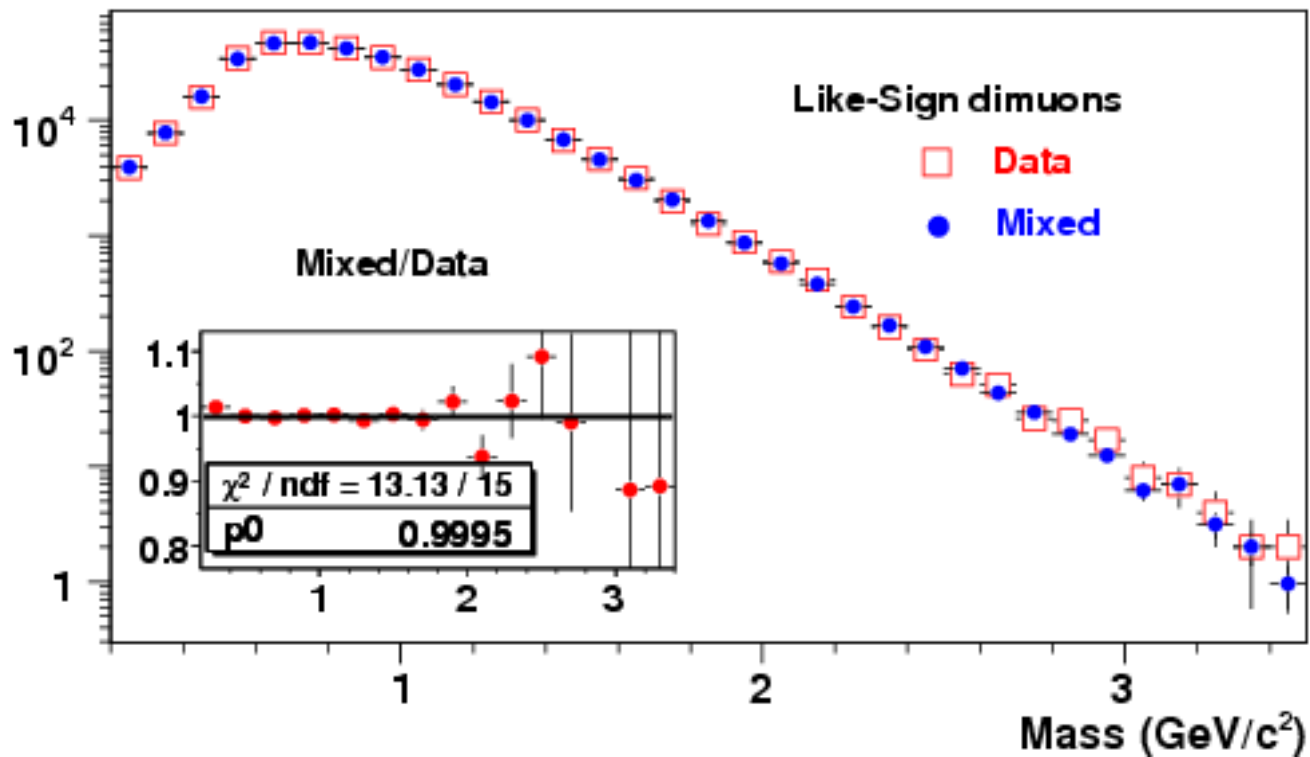
La soustraction des fausses associations se réalise en répétant la technique de mixing pour le spectre des fausses associations. On obtient alors un spectre combinatoire des fausses associations. Ce dernier spectre est alors soustrait du spectre initial des fausses associations.

Il ne reste qu'à soustraire les données de ces fausses associations.

Soustraction du bruit de fond (3/4)

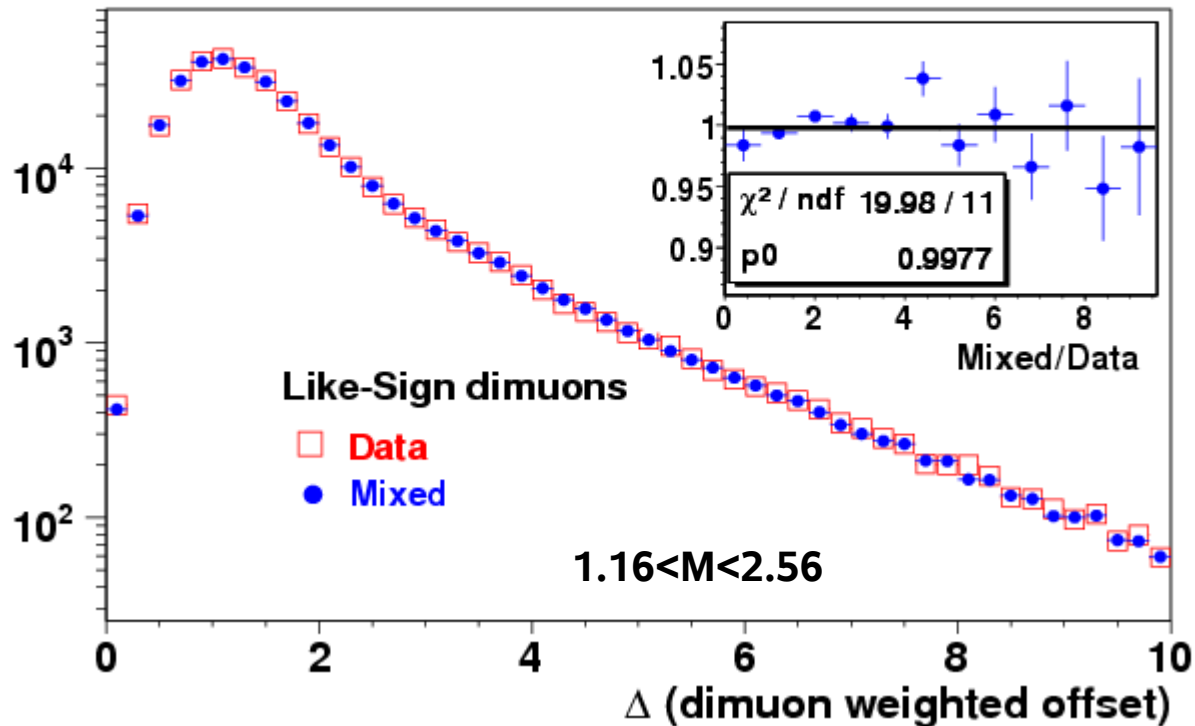
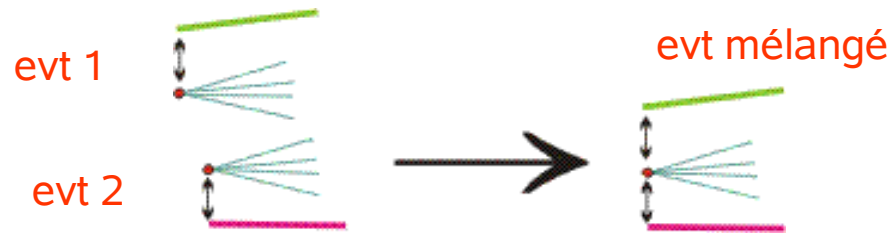
Qualité de la soustraction du bruit combinatoire:

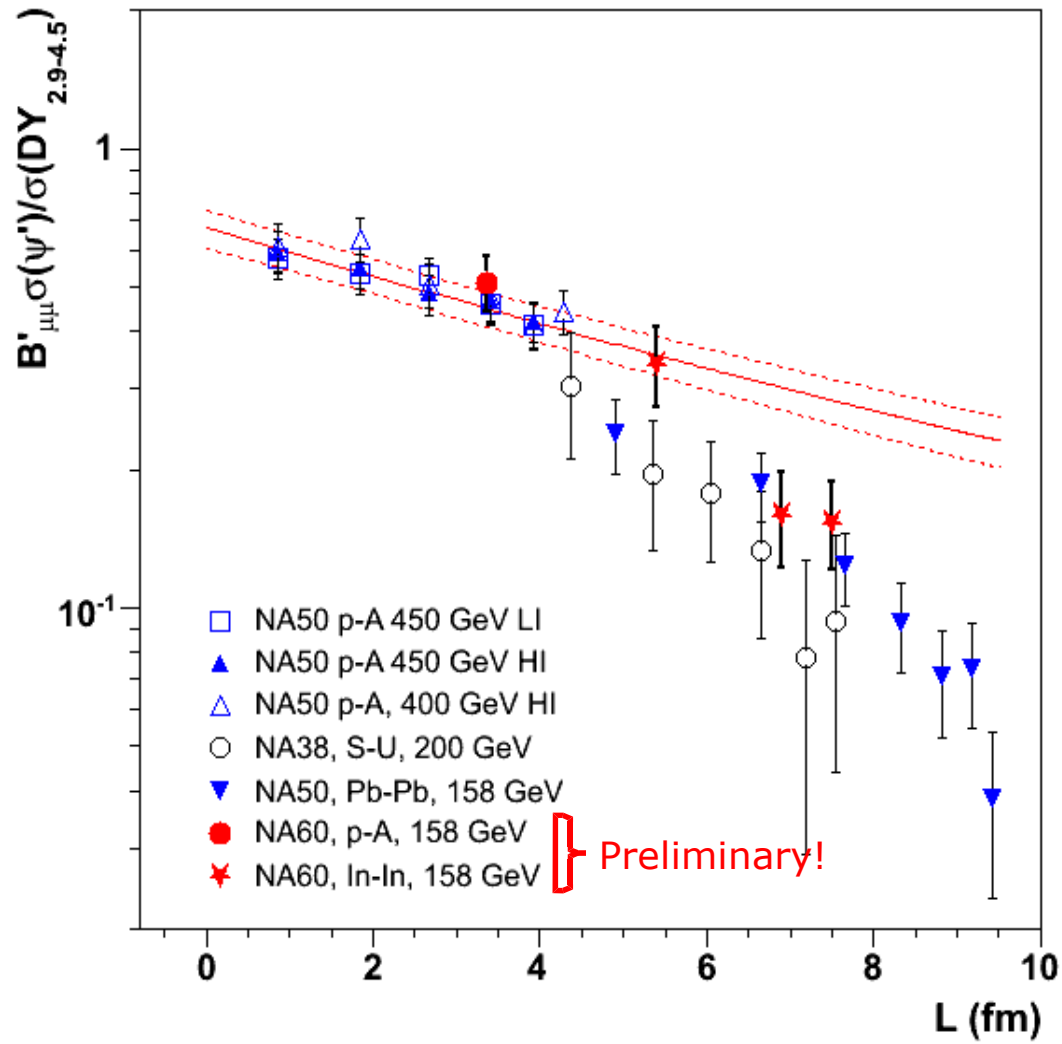
Bon accord du spectre dimuon de même signe pour les événements mélangés et les données



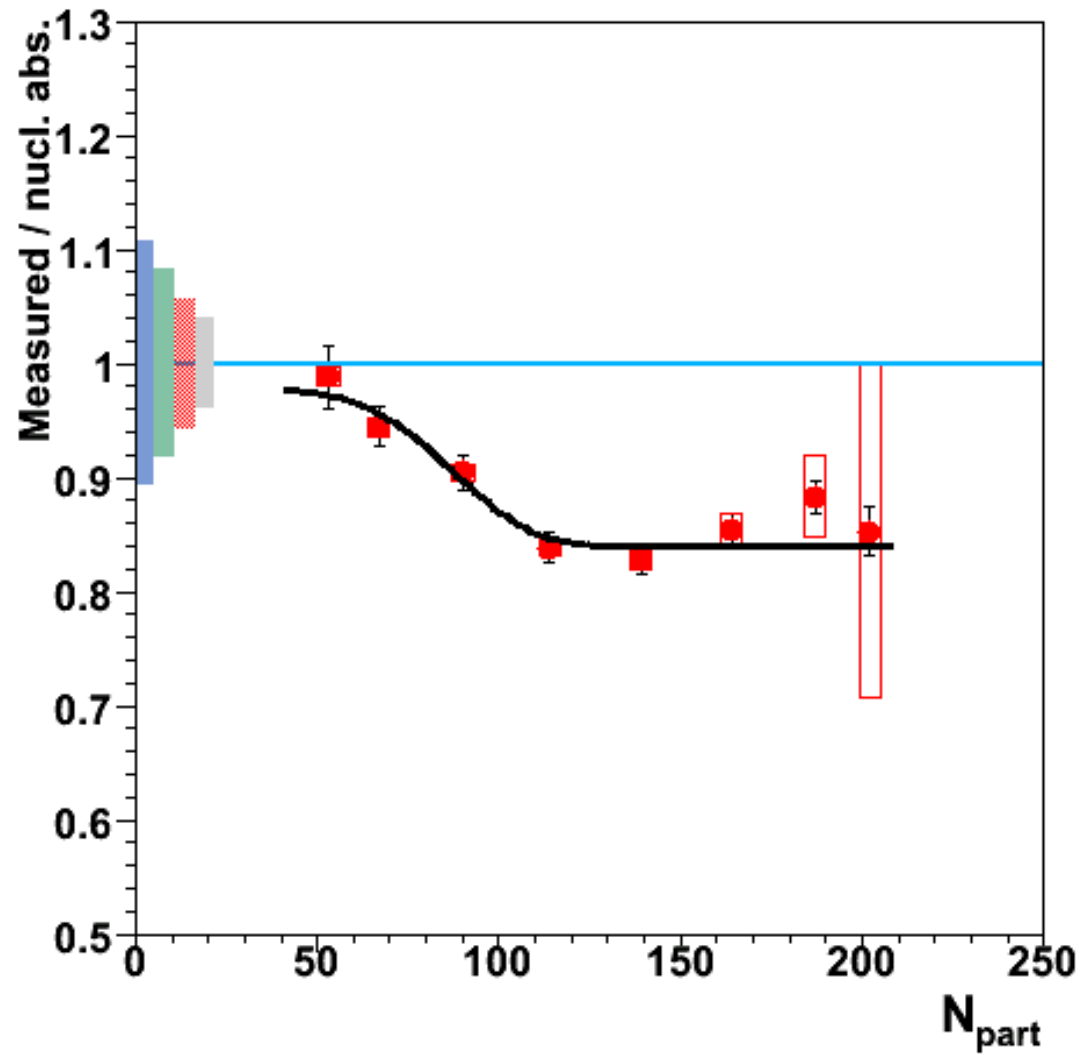
Soustraction du bruit de fond (4/4)

Le spectre de bruit mélangé (fausses associations et combinatoire) reproduit les distributions de distances radiales des données.

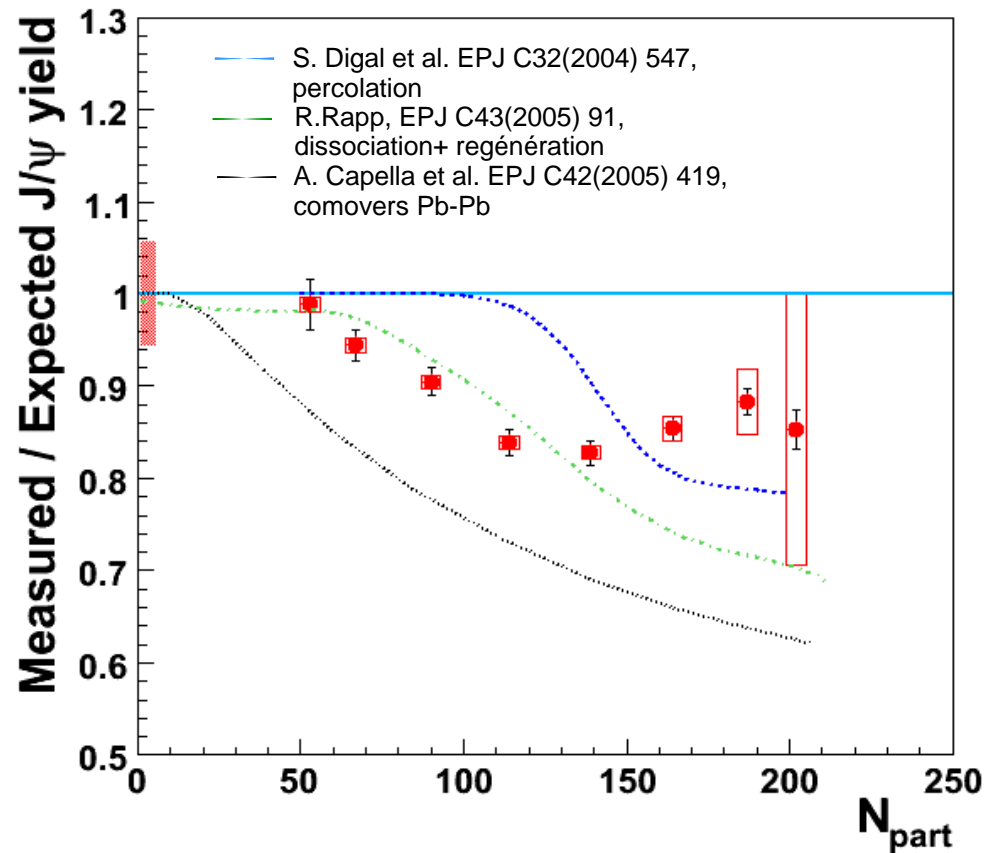


ψ' 

Suppression anormale J/Ψ en $In-In$



Les modèles et *In-In*



Description qualitative mais non quantitative de la suppression en *In-In*